

## Графитные наноматериалы и процесс диспергации песка

Рябчиков П. В., Батяновский Э. И.

Белорусский национальный технический университет

Углеродные наноматериалы (УНМ) обладают целым рядом уникальных физических свойств и сегодня все активнее используются в мировой практике как добавки для создания новых композиционных материалов.

УНМ – углеродный наноматериал, представляющий собой каркасные структуры в виде трубочек диаметром 20-100 нм ( $10^{-9}$  м), состоящие из атомов углерода. История открытия углеродных нанотрубок в 1991г. тесно связана с историей открытия фуллеренов. Фуллерены — молекулярные соединения, принадлежащие классу аллотропных форм углерода другие — алмаз, карбин и графит) и представляющие собой выпуклые замкнутые многогранники, составленные из четного числа трехкоординированных атомов углерода. Фуллерены в значительном количестве содержатся в саже, образующейся в дуговом разряде на графитовых электродах. Было обнаружено, что в результате термического распыления графитного анода в электрической дуге, наряду с молекулами фуллеренов, образуются также протяженные структуры, представляющие собой свернутые в однослойную или многослойную трубку графитовые слои. Как показали наблюдения большинство трубок состоит из нескольких графитовых слоев, вложенных один в другой, либо навитых на общую ось. Однослойные нанотрубки - не образуют швов при сворачивании и заканчиваются полусферическими вершинами, содержащими, наряду с правильными шестиугольниками, также по шесть правильных пятиугольников. Многослойные трубки отличаются более широким разнообразием форм. Различают следующие виды нанотрубок: а) русская матрешка- совокупность вложенных друг в друга однослойных цилиндрических трубок; б) шестигранная призма; в) свиток.

Они представлены на рис.1.

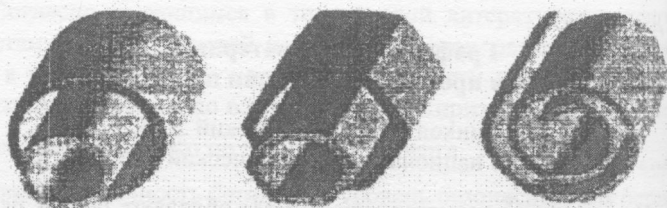


Рис. 1. Модели поперечных структур многослойных нанотрубок : а - "русская матрешка"; б - шестигранная призма; в - свиток

Для всех приведенных структур характерно значение расстояния м/д соседними графитными слоями всегда составляет 0,34 нм, что соответствует расстоянию м/д слоями в кристаллическом графите. Углеродные нанотрубки сочетают в себе свойства молекул и твердого тела и могут рассматриваться как промежуточное состояние вещества. Диапазон применения УНМ чрезвычайно широк. Это медицина, химическая промышленность и в наибольшей степени электроника. В последнее время УНМ стали применять и в строительной отрасли. В качестве добавок к пластмассам, резинам, стеклу, полиэтилену, краскам и т.д. Также есть перспектива применения УНМ и в различных видах бетонов. По результатам российских исследователей прочность пено- и газобетона увеличивалась в несколько раз. Однако не приводилось конкретных данных о применяемых материалах, составах бетона, условиях твердения, способов ввода добавок УНМ в бетон и т.п. поэтому проверить эти данные не представляется возможным. В настоящее время в лаборатории НИИЛ МБ СП совместно со специалистами ИТМО НАН РБ ведутся эксперименты о возможности и эффективности применения в бетоны добавок УНМ, с целью повышения их эксплуатационных свойств (прочность, морозостойкость, водонепроницаемость и т.д.).

Также рассматривается возможность применения углеродных нанодобавок для интенсификации помола различных материалов. В частности клинкера или песка (для производства поризованных легких бетонов) что позволит сократить время помола и снизить энергозатраты при производстве.

В лаборатории НИИЛ МБ СП были проведены эксперименты о возможном влиянии различных типов УНМ на интенсифи-

кацию помола, в частности песка. Для эксперимента были использованы 3 типа УНМ: №1 - не очищенный порошок с большого реактора, производительностью 100 гр/ч.; №2 - порошок с очисткой. После выделения УНМ содержит многостенные трубки, сажу, графит и небольшое количество металлов. Для удаления металла УНМ помещают в HCL, затем многократно промывают водой и высушивают. Для уменьшения количества аморфного углерода производят отжиг при 500 °С в течении 0,5ч.; №3 - не очищенный порошок с реактора, производительностью 10 гр/ч. Все они имели разный состав (разное количество трубок, графита и аморфного углерода). Дозировка УНМ составляла для всех 3 добавок – 0,5% от массы песка. В эксперименте использовался песок Заславльского карьера с модулем крупности -2,8. Помол осуществлялся в шаровой мельнице. Отбор проб и измерение удельной поверхности проводилось каждые 0,5 ч.

Измерение удельной поверхности проводилось на приборе для измерения удельной поверхности цемента и аналогичных порошкообразных материалов, тип Т-3 (время прососа воздуха через слой материала).

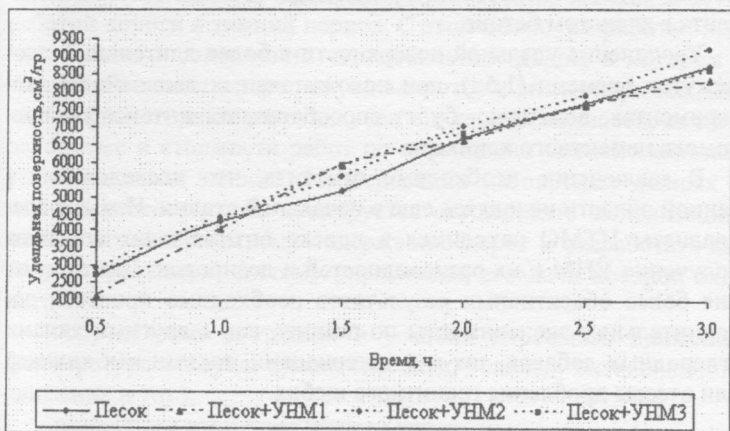


Рис.2.Изменение удельной поверхности песка при совместном помоле с нанодобавками

Из анализа приведенных на рис. 2 данных видно, что применение добавок УНМ 1 и УНМ 3 в целом не оказывает существенного влияния на интенсификацию помола. На протяжении всего времени помола они показывали результаты либо меньшие либо сопоставимые с контрольными, за исключением точки 1,5ч, где отмечается рост удельной поверхности на 13,5% у обоих образцов с углеродными нанодобавками по сравнению с обычным песком. Однако после 1,5 ч отмечается спад удельной поверхности до контрольных значений и ниже.

В тоже время при применении добавки УНМ 2 наблюдается стабильный, хотя и не очень существенный, рост удельной поверхности, по сравнению с контрольными значениями, на протяжении всего времени помола. Максимальные прирост отмечается в 0,5ч (7,4%) и 1,5ч (7,7%).

Эти данные могут свидетельствовать о принципиальной возможности применения УНМ в качестве добавок интенсификации помола различных материалов.

Например, ускорение темпов помола в начальный период времени (0,5ч), что мы видим на примере добавки УНМ 2, можно будет использовать при помоле кремнеземного компонента в ячеистом бетоне.

Увеличение удельной поверхности в более длительный промежуток времени (1,5ч), при положительных дальнейших экспериментах, возможно, будет способствовать интенсификации помола цементного клинкера.

В заключение необходимо отметить, что исследования в данной области находятся еще в начальной стадии. И мы, и специалисты ИТМО находимся в поиске оптимальных способов получения УНМ и их разновидностей и дозировок. Для получения более объективных результатов необходимо провести дополнительные эксперименты по помолу, как с другими типами углеродных добавок, так и с материалами, такими как клинкер или отсеvy дробления гранитного щебня.